

# Solutions TP2 - Ajustements

David Trif

11 juin 2010

## Exercice 1

Pour déterminer la cote 20P7 (diamètre 20, type P et qualité 7), on utilise les tableaux *T2*, *T4* et *T5*.

Dans le tableau *T2*, diamètre  $\Phi 20$ , qualité 7 :

$$T_2 \longrightarrow IT_7 = 21 \mu m \quad (1)$$

Le type de l'alésage est *P* et utilisant le tableau *T5*, on a :

$$ES_n = -ei_{n-1} + \Delta \quad (2)$$

- $ES_n$  - écart supérieur alésage, qualité n.
- $ei_{n-1}$  - écart inférieur arbre, qualité n-1.
- $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$

Pour le degré de tolérance 7 :

$$ES_7 = -es_6 + \Delta \quad (3)$$

Tableau *T5*, pour  $\Delta$  :

$$\Delta_7 = 8 \mu m \quad (4)$$

Tableau *T4*, écarts inférieurs (arbre type *p*) :

$$ei_6 = 22 \Rightarrow ES_7 = -22 + 8 = -14 \mu m \quad (5)$$

Définition de l'intervalle de tolérance :

$$IT_7 = ES_7 - EI_7 \Rightarrow EI_7 = ES_7 - IT_7 = -14 - 21 = -35 \mu m \quad (6)$$

$$\Rightarrow 20P7 = 20_{-0,035}^{0,014} mm \quad (7)$$

## Exercice 2

1. Ajustement serré ou avec jeu ?

**Alésage  $\Phi 40H7$**

$$T2 \longrightarrow IT_7 = 25 \mu m \quad (8)$$

$$\text{type H (alésage normal)}; T5 \Rightarrow EI_7(H) = -es_7(h) \quad (9)$$

$$T3 \longrightarrow es_7(h) = 0 \quad (10)$$

$$IT_7 = ES_7 - EI_7 \Rightarrow ES_7 = 25 + 0 = 25 \mu m \quad (11)$$

$$\Rightarrow \Phi 40H7 = \Phi 40_{0}^{+0,025} mm \quad (12)$$

**Arbre  $\Phi 40f7$**

$$T2 \rightarrow it_7 = 25 \mu m \quad (13)$$

$$T3 \rightarrow es_7(f) = -25 \mu m \quad (14)$$

$$it_7 = es_7 - ei_7 \Rightarrow ei_7 = es_7 - it_7 = -25 - 25 = -50 \mu m \quad (15)$$

$$\Rightarrow \Phi 40f7 = \Phi 40_{-0,050}^{-0,025} mm \quad (16)$$

Comme la figure 1 le montre, l'ajustement est avec jeu.

2. Calcul de la valeur du jeu :

$$j = D - d \text{ (D - diamètre alésage; d - diamètre arbre)} \quad (17)$$

$$j_M = D_M - d_m = D_n + ES - (d_n + ei) = ES - ei \text{ (D}_n, d_n \text{ - diamètres nominaux)} \quad (18)$$

$$j_m = D_m - d_M = D_n + EI - (d_n + es) = EI - es \quad (19)$$

$$j_M = ES_7 - ei_7 = 0,025 - (-0,050) = 0,075 mm \quad (20)$$

$$j_m = EI_7 - es_7 = 0 - (-0,025) = 0,025 mm \quad (21)$$

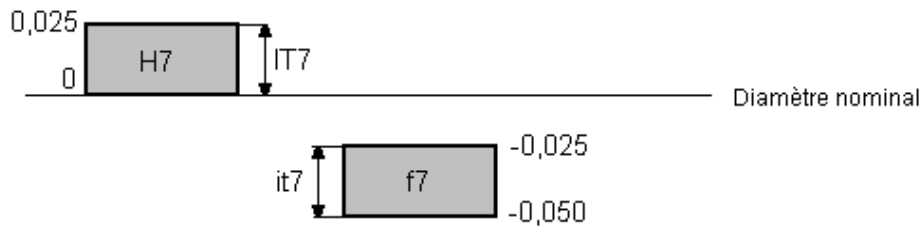


FIGURE 1 – Alésage  $H7$  - arbre  $f7$

### Exercice 3

1. Interférence ou jeu ?

**Alésage  $\Phi 100H7$**

$$T2 \longrightarrow IT_7 = 35 \mu m \quad (22)$$

$$T5 \Rightarrow EI_7(H) = -es_7(h) \quad (23)$$

$$T3 \longrightarrow es_7(h) = 0 \quad (24)$$

$$IT_7 = ES_7 - EI_7 \Rightarrow ES_7 = 35 + 0 = 35 \mu m \quad (25)$$

$$\Rightarrow \Phi 100 H7 = \Phi 100_0^{+0,035} \text{ mm} \quad (26)$$

**Arbre  $\Phi 100 u6$**

$$T2 \rightarrow it_6 = 22 \text{ } \mu m \quad (27)$$

$$T4 \rightarrow ei_6(u) = 124 \text{ } \mu m \quad (28)$$

$$it_6 = es_6 - ei_6 \Rightarrow es_6 = it_6 + ei_6 = 124 + 22 = 146 \text{ } \mu m \quad (29)$$

$$\Rightarrow \Phi 100 u6 = \Phi 100_{+0,124}^{+0,146} \text{ mm} \quad (30)$$

Figure 2  $\rightarrow$  l'ajustement est serré.

2. Calcul des interférences :

$$i = d - D \text{ (} i \text{ - valeur de l'interférence)} \quad (31)$$

$$i_M = d_M - D_m = D_n + es - (D_n + EI) = es - EI \quad (32)$$

$$i_m = d_m - D_M = D_n + ei - (D_n + ES) = ei - ES \quad (33)$$

$$i_M = 0,146 - 0 = 0,146 \text{ mm} \quad (34)$$

$$i_m = 0,124 - 0,035 = 0,089 \text{ mm} \quad (35)$$

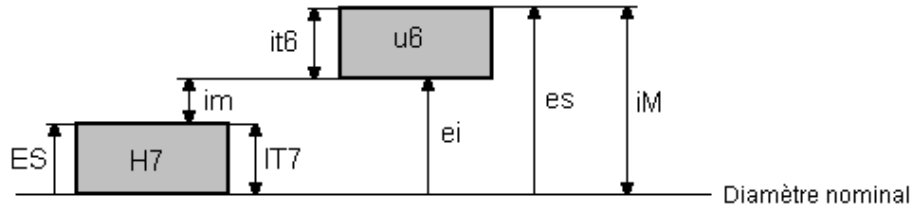


FIGURE 2 – Ajustement serré

## Exercice 4

1. Interférence ou jeu?

**Alésage  $\Phi 100 U7$**

$$\text{type U; } T5 \Rightarrow ES_n = -ei_{n-1} + \Delta \quad (36)$$

$$T2 \rightarrow IT_7 = 35 \quad (37)$$

$$\text{Tableau T5} \rightarrow \Delta = 13 \quad (38)$$

$$T4 \rightarrow ei_6(u) = 124 \text{ } \mu m \quad (39)$$

$$ES_7 = -ei_6 + \Delta = -124 + 13 = -111 \text{ } \mu m \quad (40)$$

$$EI_7 = ES_7 - IT_7 = -111 - 35 = -146 \text{ } \mu m \quad (41)$$

$$\Rightarrow \Phi 100U7 = \Phi 100_{-0,146}^{-0,111} \text{ mm} \quad (42)$$

**Arbre  $\Phi 100h6$**

$$\text{Tableau T2} \longrightarrow IT_6 = 22 \quad (43)$$

Arbre normal ( $h6$ ), donc  $es_6 = 0$ .

$$it_6 = es_6 - ei_6 \Rightarrow ei_6 = 0 - 22 = -22 \text{ } \mu\text{m} \quad (44)$$

$$\Rightarrow \Phi 100h6 = \Phi 100_{-0,22}^0 \text{ mm} \quad (45)$$

La figure 3 montre que l'ajustement est serré (le cas de l'interférence).

2. Les valeurs de l'interférence :

$$i_M = d_M - D_m = es - EI = 0 - (-146) = 146 \text{ } \mu\text{m} \quad (46)$$

$$i_m = d_m - D_M = ei - ES = -22 - (-111) = 89 \text{ } \mu\text{m} \quad (47)$$

Pour les ajustements  $\Phi 100H7u6$  et  $\Phi 100U7h6$ , les valeurs extrêmes de l'interférence sont égales. Les 2 ajustements sont équivalents.

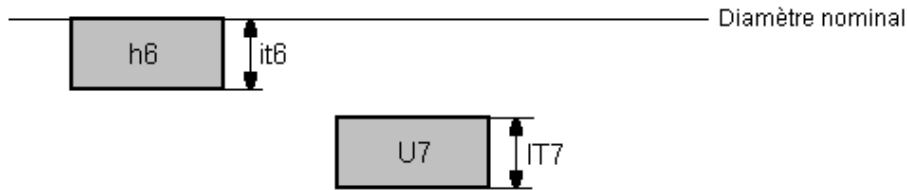


FIGURE 3 – Interférence  $U7 - h6$

## Exercice 5

La qualité de l'arbre  $\rightarrow n - 1$ , qualité de l'alésage  $\rightarrow n$ .

$$i = d - D \quad (48)$$

$$\begin{cases} i_M = es_{n-1} - EI_n = es_{n-1} & = ei_{n-1} + it_{n-1} \\ i_m = ei_{n-1} - ES_n = ei_{n-1} - (IT_n + EI_n) = ei_{n-1} - IT_n \end{cases} \quad (49)$$

$$i_M < 0,2 \text{ mm} \Rightarrow ei_{n-1} + it_{n-1} < 0,2 \text{ mm} \quad (49)$$

$$i_m > 0,1 \text{ mm} \Rightarrow ei_{n-1} - IT_n > 0,1 \text{ mm} \quad (50)$$

$$\longrightarrow IT_n + it_{n-1} < 0,1 \text{ mm} \quad (51)$$

Dans le domaine des constructions mécaniques, on utilise des qualités comprises entre 5 et 11.

Avec la condition  $IT_n + it_{n-1} < 0,1$  et le tableau  $T2$ , on établit un tableau qui va nous permettre de choisir la qualité qui convienne.

n	$IT_n$	$it_{n-1}$	$IT_n + it_{n-1}$	Réponse
9	87	54	141	non
8	54	35	89	peut-être
7	35	22	57	peut-être
6	22	15	37	peut-être

a) n=8 :

$$\begin{cases} ei + it_{n-1} = ei + 35 < 200 \\ ei - IT_n = ei - 54 > 100 \end{cases}$$

$$\Rightarrow 154 < ei < 165 \quad (52)$$

Dans le tableau  $T4$ , on cherche un arbre qui a l'écart inférieur ( $ei$ ) compris entre 154 et 165. Les valeurs proches sont les arbres  $v$  ( $ei_v = 146 \mu m$ ) et  $x$  ( $ei_x = 178 \mu m$ ), mais ces écarts ne vérifient pas la condition  $154 < ei < 165$ .

On passe à la qualité 7 :

b) n=7 :

$$\begin{cases} ei + it_{n-1} = ei + 22 < 200 \\ ei - IT_n = ei - 35 > 100 \end{cases}$$

$$\Rightarrow 135 < ei < 178 \quad (53)$$

Tableau  $T4 \rightarrow$  type  $v$  ( $ei_v = 146 \mu m$ ).

La solution est :  $\Phi 100H7v6$ .

Vérification :

$$T2 \rightarrow IT_7 = 35 \mu m; it_6 = 22 \mu m \quad (54)$$

$$H7 \Rightarrow \begin{cases} 0,035 \\ 0 \end{cases} \quad (55)$$

$$es_6 = ei_6 + it_6 = 146 + 22 = 168 \mu m \quad (56)$$

$$v6 \Rightarrow \begin{cases} 0,168 \\ 0,146 \end{cases} \quad (57)$$

$$i_M = 168 - 0 = 168 \mu m = 0,168 mm < 0,2 mm \quad (58)$$

$$i_m = 146 - 35 = 111 \mu m = 0,111 mm > 0,1 mm \quad (59)$$

Les conditions sont vérifiées, la solution est donc valide.

## Exercice 6

La qualité de l'arbre  $\rightarrow n-1$ , qualité de l'alésage  $\rightarrow n$ . Pour cet exercice, l'arbre est du type  $h$  (arbre normal).

$$i = d - D \quad (60)$$

$$\begin{cases} i_M = es_{n-1} - EI_n = -EI_n = -ES_n + IT_n \\ i_m = ei_{n-1} - ES_n = -ES_n + (es_{n-1} - it_{n-1}) = -ES_n - it_{n-1} \end{cases}$$

$$i_M < 0,2 mm \Rightarrow -ES_n + IT_n < 0,2 mm \quad (61)$$

$$i_m > 0,1 mm \Rightarrow -ES_n - it_{n-1} > 0,1 mm \quad (62)$$

$$\longrightarrow IT_n + it_{n-1} < 0,1 \text{ mm} \quad (63)$$

Avec la condition  $IT_n + it_{n-1} < 0,1$  et le tableau  $T2$ , on a le tableau suivant :

n	$IT_n$	$it_{n-1}$	$IT_n + it_{n-1}$	Réponse
9	87	54	141	non
8	54	35	89	peut-être
7	35	22	57	peut-être
6	22	15	37	peut-être

a) n=8 :

$$\begin{cases} -ES_n + IT_n &= -ES_8 + 54 < 200 \\ -ES_n - it_{n-1} &= -ES_8 - 35 > 100 \end{cases} \Rightarrow -146 < ES < -135 \quad (64)$$

$$ES_8 = -ei_7 + \Delta_8 = -ei_7 + 19 \text{ (T5)} \quad (65)$$

On a donc :  $154 < ei_7 < 165$ .

Comme dans l'exercice antérieur, on ne trouve pas un arbre qui convienne.

On passe à la qualité 7 :

b) n=7 :

$$\begin{cases} -ES_n + IT_n &= -ES_7 + 35 < 200 \\ -ES_n - it_{n-1} &= -ES_7 - 22 > 100 \end{cases} \Rightarrow -165 < ei < -122 \quad (66)$$

$$ES_7 = -ei_6 + \Delta_7 = -ei_6 + 13 \text{ (T5)} \quad (67)$$

On a donc :  $135 < ei_7 < 178$ .

Tableau  $T4 \longrightarrow$  type  $v$  ( $ei_v = 146 \mu m$ ).

La solution est :  $\Phi 100V7h6$ .

Vérification :

$$T2 \longrightarrow IT_7 = 35 \mu m; it_6 = 22 \mu m \quad (68)$$

$$h6 \Rightarrow \begin{cases} 0 \\ -0,022 \end{cases} \quad (69)$$

$$ES_7 = -ei_6 + \Delta_7 = -146 + 13 = -133 \mu m \quad (70)$$

$$EI_7 = ES_7 - IT_7 = -133 - 35 = -168 \mu m \quad (71)$$

$$V7 \Rightarrow \begin{cases} -0,133 \\ -0,168 \end{cases} \quad (72)$$

$$i_M = 0 - (-168) = 168 \mu m = 0,168 \text{ mm} < 0,2 \text{ mm} \quad (73)$$

$$i_m = -22 - (-133) = 111 \mu m = 0,111 \text{ mm} > 0,1 \text{ mm} \quad (74)$$

Les conditions sont vérifiées, la solution est donc valide.

## TOLERANCES FONDAMENTALES (IT)

QUALI- TE	DIMENSIONS NOMINALES (mm) . TOLERANCES ( $\mu$ m)												
	>1 à 3	>3 à 6	>6 à 10	>10 à 18	>18 à 30	>30 à 50	>50 à 80	>80 à 120	>120 à 180	>180 à 250	>250 à 315	>315 à 400	>400 à 500
01	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4
0	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6
1	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8
2	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
3	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97
9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
13	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	81	890	970
14	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
15	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500
16	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000
17	-	-	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600	5200	5700	6300
18	-	-	-	2700	3300	3900	4600	5400	6300	7200	8100	8900	9700

Sources: ISO/R286 (1962), DIN 7152 (1965), NBN 101 à 103, AFNOR NFE 02-000

# E C A R T S   F O N D A M E N T A U X   D E S   A R B R E S   ( a à k )

dimens. nomin. mm		ECARTS SUPERIEURS es ( $\mu\text{m}$ )											EC. INF. ei			
		types											types			
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	j		k	
		Toutes qualités											qualités			
>	≤												5-6	7	4-7	01-3 8-16
-	1	----	----	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	-2	-4	00	0
1	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	-2	-4	00	0
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	-2	-4	1	0
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	-2	-5	1	0
10	14	-290	-150	-95	---	-50	-32	---	-16	---	-6	0	-3	-6	1	0
14	18	-290	-150	-95	---	-50	-32	---	-16	---	-6	0	-3	-6	1	0
18	24	-300	-160	-110	---	-65	-40	---	-20	---	-7	0	-4	-8	2	0
24	30	-300	-160	-110	---	-65	-40	---	-20	---	-7	0	-4	-8	2	0
30	40	-310	-170	-120	---	-80	-50	---	-25	---	-9	0	-5	-10	2	0
40	50	-320	-180	-130	---	-80	-50	---	-25	---	-9	0	-5	-10	2	0
50	65	-340	-190	-140	---	-100	-60	---	-30	---	-10	0	-7	-12	2	0
65	80	-360	-200	-150	---	-100	-60	---	-30	---	-10	0	-7	-12	2	0
80	100	-380	-220	-170	---	-120	-72	---	-36	---	-12	0	-9	-15	3	0
100	120	-410	-240	-180	---	-120	-72	---	-36	---	-12	0	-9	-15	3	0
120	140	-460	-260	-200	---	-145	-85	---	-43	---	-14	0	-11	-18	3	0
140	160	-520	-280	-210	---	-145	-85	---	-43	---	-14	0	-11	-18	3	0
160	180	-580	-310	-230	---	-170	-100	---	-50	---	-15	0	-13	-21	4	0
180	200	-660	-340	-240	---	-170	-100	---	-50	---	-15	0	-13	-21	4	0
200	225	-740	-380	-260	---	-190	-110	---	-56	---	-17	0	-16	-26	4	0
225	250	-820	-420	-280	---	-190	-110	---	-56	---	-17	0	-16	-26	4	0
250	280	-920	-480	-300	---	-210	-125	---	-62	---	-18	0	-18	-28	4	0
280	315	-1050	-540	-330	---	-210	-125	---	-62	---	-18	0	-18	-28	4	0
315	355	-1200	-600	-360	---	-230	-135	---	-68	---	-20	0	-20	-32	5	0
355	400	-1350	-680	-400	---	-230	-135	---	-68	---	-20	0	-20	-32	5	0
400	450	-1500	-760	-440	---	-230	-135	---	-68	---	-20	0	-20	-32	5	0
450	500	-1650	-840	-480	---	-230	-135	---	-68	---	-20	0	-20	-32	5	0

TYPE js ("j symétrique") : es = IT/2 , ei = - IT/2

Exemple: 100 a9 : es = -380  $\mu\text{m}$   
ei = es - IT9 = - 380 - 87 = - 467  $\mu\text{m}$   
donc 100 a9 = 100<sup>-0,380</sup><sub>-0,467</sub>



# ECARTS FONDAMENTAUX DES ARBRES - types m à zc

Dimens. nomin. mm		ECARTS INFÉRIEURS ei ( $\mu\text{m}$ )													
		T Y P E S													
		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
>	≤	Toutes qualités													
-	1	2	4	6	10	14	--	18	--	20	--	26	32	40	60
1	3	2	4	6	10	14	--	18	--	20	--	26	32	40	60
3	6	4	8	12	15	19	--	23	--	28	--	35	42	50	80
6	10	6	10	15	19	23	--	28	--	34	--	42	52	67	97
10	14	7	12	18	23	28	--	33	--	40	--	50	64	90	130
14	18								39	45	--	60	77	108	150
18	24	8	15	22	28	35	--	41	47	54	63	73	98	136	188
24	30								41	48	55	64	75	88	118
30	40	9	17	26	34	43	--	48	60	68	80	94	112	148	200
40	50								54	70	81	97	114	136	180
50	65	11	20	32	41	53	66	87	102	122	144	172	226	300	405
65	80				43	59	75	102	120	146	174	210	274	360	480
80	100	13	23	37	51	71	91	124	146	178	214	258	335	445	585
100	120				54	79	104	144	172	210	254	310	400	525	690
120	140	15	27	43	63	92	122	170	202	248	300	365	470	620	800
140	160				65	100	134	190	228	280	340	415	535	700	900
160	180	17	31	50	68	108	146	210	252	310	380	465	600	780	1000
180	200				77	122	166	236	284	350	425	520	670	880	1150
200	225	20	34	56	80	130	180	258	310	385	470	575	740	960	1250
225	250				84	140	196	284	340	425	520	640	820	1050	1350
250	280	21	37	62	94	158	218	315	385	475	580	710	920	1200	1550
280	315				98	170	240	350	425	525	650	790	1000	1300	1700
315	355	23	40	68	108	190	268	390	475	590	730	900	1150	1500	1900
355	400				114	208	294	435	530	660	820	1000	1300	1650	2100
400	450	23	40	68	126	232	330	490	595	740	920	1100	1450	1850	2400
450	500				132	252	360	540	660	820	1000	1250	1600	2100	2600

Exemple : 100 u6 : ei = 124  $\mu\text{m}$

$$es = ei + IT6 = 124 + 22 = 146 \mu\text{m}$$

$$\text{donc } 100 \text{ u6} = 100^{+0,146}_{+0,124}$$

# ECARTS FONDAMENTAUX DES ALESAGES

Tous écarts sauf les suivants	<u>Règle générale</u> Les limites de l'alésage sont exactement symétriques par rapport à la ligne-zéro de celles des arbres de même symbole: $ES_n = -ei_n$ , $EI_n = -es_n$
N9 et qualités moins fines, pour $d > 3\text{mm}$	$ES = 0$
<u>Alésages serrants</u> J à N, qual 8 et + fines P à ZC, qual. 7 et + fines	<u>Règle spéciale</u> $ES_n = -ei_{n-1} + \Delta$ avec $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$ (Règle prévue pour que, dans les qualités fines envisagées, deux ajustements homologues tels que H7/p6 et P7/h6 soient exactement équivalents.) Exception : M6: $ES = -9$ pour $250 < d \leq 315$

TABLE DE LA CORRECTION  $\Delta (\mu\text{m})$

Dimens. nominale $\text{mm}$	QUALITE					
	3	4	5	6	7	8
$1 \leq 3$	0	0	0	0	0	0
$3 < 6$	1	1,5	1	3	4	6
$6 < 10$	1	1,5	2	3	6	7
$10 < 18$	1	2	3	3	7	9
$18 < 30$	1,5	2	3	4	8	12
$30 < 50$	1,5	3	4	5	9	14
$50 < 80$	2	3	5	6	11	16
$80 < 120$	2	4	5	7	13	19
$120 < 180$	3	4	6	7	15	23
$180 < 250$	3	4	6	9	17	26
$250 < 315$	4	4	7	9	20	29
$315 < 500$	5	5	7	13	23	34

Exemples a) 20 P7 :

pour p6,  $ei = 22$ , donc

$$-ei = -22$$

$$= 8$$

$$ES = -14$$

$$EI = ES - IT7 = -14 - 21 = -35 \mu\text{m}$$

$$\text{donc } 20 \text{ P7} = 20 \begin{smallmatrix} -0,014 \\ -0,035 \end{smallmatrix}$$

b) On cherche un alésage de qualité 7  
 $\phi = 100 \text{ mm}$ , donnant un jeu moyen de  
 $44 \mu\text{m}$  avec un arbre normal (h6)

arbre : 100 h6  $es = 0$

$$ei = es - IT6 =$$

$$= 0 - 22 = -22 \mu\text{m}$$

écart moyen arbre:  $-11 \mu\text{m}$

écart moyen alésage :  $-11 + 44 = 33 \mu\text{m}$

$IT7 = 35 \mu\text{m}$

écart max :  $33 + \frac{1}{2} \cdot 35 = 50,5 \mu\text{m}$

$$\text{inf : } 33 - \frac{1}{2} \cdot 35 = 15,5 \mu\text{m} = EI = -es_7 \quad es = -15,5 \mu\text{m}$$

g 7 :  $-12 = es$ , soit jeu moyen  $41 \mu\text{m}$ , acceptable

solution adoptée : alésage 100 G7 soit

$$100 \begin{smallmatrix} +0,047 \\ +0,012 \end{smallmatrix} \quad \begin{smallmatrix} \text{jeu min: } 12 - 0 = 12 \mu\text{m} \\ \text{jeu max: } 47 + 22 = 69 \mu\text{m} \\ \text{moy: } 40,5 \mu\text{m} \end{smallmatrix}$$